

УДК 579

## **АУТОФАГІЯ ЯК СПОСІБ ФОРМУВАННЯ АПОПТОЗНИХ ВЕЗИКУЛ В РОСЛИННИХ КЛІТИНАХ ПРИ БАКТЕРІАЛЬНІЙ ІНФЕКЦІЇ**

**С. І. Шевченко<sup>1</sup>, А. М. Маньковська<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup> Мелітопольський державний університет імені Богдана Хмельницького, вул. Леніна, 20, Мелітополь, Україна

В даний час розрізняють дві основні форми клітинної загибелі: некроз і програмовану загибель. Некроз можна описати як неспецифічне набухання клітини та її мембранних органел, яке завершується порушенням їх цілісності. В результаті розривів у плазматичної мембрани вміст клітини виявляється у позаклітинному просторі і розвивається запальний процес. У складі програмованої клітинної загибелі виділяють кілька типів: апоптоз, аутофагічну загибель і програмований некроз. Програма апоптичної загибелі складається з наступних основних етапів: 1) індукція, або запуск програми апоптозу; 2) активація проапоптотичних білків, 3) каскад каспаз, що розщеплюють білки-мішені; 4) руйнування внутрішньоклітинних органел або їх перебудова; 5) фрагментація клітини на апоптотичні тільця; 6) підготовка клітини і її фрагментів до фагоцитозу макрофагами або сусідніми клітинами [1].

При програмованій загибелі зберігається цілісність мембран, органели виглядають морфологічно інтактними, а продукти дроблення клітини, апоптотичні тільця (або везикули) є окремі фрагменти, що оточені мембраною [2].

Аутофагія – це деградація органел і цитоплазматичного матеріалу, яка відбувається за участю внутрішньоклітинних мембранних структур. При аутофагії де ново формуються спеціалізовані структури – аутофагосоми. Це двомембранні утвори, усередині яких міститься клітинний матеріал (органела або частину цитозоля), що підлягає руйнуванню. При злитті аутофагосом з лізосомами утворюються аутофаголізосоми, де і відбувається розщеплення підлягають знищенню компонентів клітини і перетравлюються практично всі мембранні органели [3].

До недавнього часу залишалося невідомим взагалі як проявляється апоптоз у рослин. Сьогодні складається враження, що апоптоз у рослин досить схожий з апоптозом у тварин. Як і у тварин апоптоз у рослин супроводжується низкою характерних структурно-морфологічних змін клітини: відбувається виражена конденсація хроматину з наступним розпадом ядра, клітинна мембрана стає пухирчастою, вся цитоплазма як би скипає, і утворюються гігантські вакуолі. У більшості випадків у рослин руйнування тонопласта і вакуолізація цитоплазми передують руйнуванню ядра і мітохондрій [4].

Для доказу участі процесів аутофагії у формуванні апоптозних везикул використали результати електронно-мікроскопічних досліджень ризоплану весняних кореневих відростків дерев черешні з симптомами опіку листків. Активний розвиток колоній фітопатогенів в зоні ризоплану, що утворений залишками протоплазми клітин кореневого чохла та епіблеми складає безпосередній вплив на клітини меристемної зони [5].

На поздовжніх та поперечних зрізах меристемної зони весняних корінців можна спостерігати інтерфазні клітини з насиченою протоплазмою - ядром з ядрцем, з численими дрібними вакуолями, мембранною системою, пропластидами, мітохондріями та електронно-щільними лізосомами. В шарах клітин кореня поблизу поверхні в зоні дерматогену є клітини з гігантськими вакуолями, які утворилися в результаті злиття дрібних вакуолей. Ядро та цитоплазма таких клітин щільно притиснута до клітинної стінки у вигляді електроннощільного ланцюга. У інших клітин ядерний матеріал сконденсований в електронно-щільну масу, ядерна оболонка не виявляється, в частину ядерної маси занурені пропластиди.

Аналогічні форми зустрічаються в епітеліальних клітинах мозкової речовини та тілець Гассаля тімуса людини при розвитку мультивезикулярних тілець як похідних лізосомального апарату [6].

В інших клітинах в деконденсованому гранулярному ядерному матриксі проходить його фрагментація у вигляді мембранних везикул. В окремих клітинах в гранулярній ядерній масі накочуються сферичні везикулярні тільця з різною електронною щільністю в середині.

В притисненому до стінки протопласті продемонстровано формування окремих везикул шляхом інвагінації плазмалемі. В деяких випадках тонкий електронно-щільний мембранний ланцюг охоплює сформовані везикулярні тільця у вигляді сфери. Також зафіксовано утворення аутофаголізосоми навколо мітохондрії за участю первинної лізосоми.

Зареєстровано клітини, в яких протопласти, повністю перетворені шляхом аутофагії у мембранні сферичні везикули. Такі клітини як правило спостерігаються в поверхневих зонах кореня, що можна рахувати як останню фазу перетворення рослинної клітини в зоні бактеріальної інфекції.

#### *Література*

1. Онищенко Г. Е. Варианты программированной гибели клеток / Г. Е. Онищенко // Материалы IX Онкологического конгресса. – М., 2005 года.
2. Самуилов В. Д. (2001) Программируемая клеточная смерть у растений / В. Д. Самуилов // Соросовский образовательный журнал. – 2001. – С. 12–17.
3. Ogier D. E. Biochem / D. E. Ogier, P. Codogno // Biophys Acta. – 2003. – Vol. 1603. – P. 113–128.

4. Ванюшин Б.Ф. Апоптоз у растений / Б. Ф. Ванюшин // Успехи биологической химии. – 2001. – Т. 41. – С. 3–338.

5. Шевченко С. І. Ризоплан як екологічна ніша для розвитку бактерій опіку листків черешні / С. І. Шевченко // Вісник ЗДУ. – 2012. – № 2. – С. 21–28.

6. Беловешкин А.Г. Ультраструктурная характеристика процессов аутофагии в эпителиальных клетках мозгового вещества и телец Гассала тимуса человека / А. Г. Беловешкин // Молодой ученый. – 2012. – №7. – С. 338–340.